

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ  
И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

---

**МЕТОДИКА  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ  
ИИС И АСУ ТП  
ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ  
АГРЕГАТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

РД 153-34.0-11.201-97



ОРГРЭС  
Москва 1999

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ  
И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

---

**МЕТОДИКА  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ  
ИИС И АСУ ТП  
ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ  
АГРЕГАТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

**РД 153-34.0-11.201-97**

**Разработано** Открытым акционерным обществом "Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС"

**Исполнители** А.Г. АЖИКИН, В.И. ОСИПОВА,  
Л.В. СОЛОВЬЕВА

**Утверждено** Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 19.08.97 г.

Первый заместитель начальника *А.П. БЕРСЕНЕВ*

© СПО ОРГРЭС, 1999

---

Подписано к печати 15.03.99

Формат 60x84 1/16

Печать офсетная

Усл. печ. л 1,0 Уч.-изд. л. 1,2

Тираж 330 экз.

Заказ № 59

Издат. № 99074

---

Производственная служба передового опыта эксплуатации энергопредприятий  
ОРГРЭС

105023, Москва, Семёновский пер., д.15

УДК 621.311

---

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ИИС И АСУ ТП  
ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ  
АГРЕГАТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

---

РД 153-34.0-11.201-97

*Вводится в действие  
с 01.02.99 г.*

Настоящая Методика устанавливает методы расчета обобщенных метрологических характеристик измерительных каналов (ИК) информационно-измерительных систем (ИИС) и АСУ ТП по нормируемым в соответствии с ГОСТ 8.009-84 метрологическим характеристикам агрегатных средств измерений (АСИ), входящих в состав ИК.

Методика предназначена для определения при проектировании ИИС и АСУ ТП обобщенных метрологических характеристик ИК, обеспечивающих измерение параметров технологического процесса с погрешностями, не превышающими установленных норм точности измерений, и расчетной оценки суммарной погрешности ИК ИИС и АСУ ТП, эксплуатируемых на энергопредприятиях, для реальных условий эксплуатации.

Обобщенные метрологические характеристики ИК — метрологические характеристики (математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности, нижняя и верхняя границы интервала, в котором с вероятностью  $P$  находится суммарная погрешность), определенные для группы каналов. Они должны определяться для стационарного режима работы энергооборудования, для которого установлены нормы точности измерений параметров технологического процесса. В этом режиме работы энергооборудования параметры технологического процесса являются стационарными величинами, поэтому в Методике не рассматривается влияние динамических погрешностей АСИ на суммарную погрешность ИК ИИС и АСУ ТП.

С вводом в действие настоящей Методики утрачивает силу "Методика определения обобщенных метрологических харак-

теристик измерительных каналов ИИС и АСУ ТП по метрологическим характеристикам агрегатных средств измерений: МТ 34-70-038-87" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1987).

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В состав ИК входят все средства измерения и линии связи, начиная от первичного измерительного преобразователя до средства представления информации включительно.

1.2. Методы, приведенные в данной Методике, позволяют рассчитывать следующие обобщенные метрологические характеристики ИК:

математическое ожидание  $M[\Delta\xi]$  и среднее квадратическое отклонение  $\sigma[\Delta\xi]$  суммарной погрешности ИК для реальных условий эксплуатации;

нижнюю  $\Delta_{\text{ниж}}$  и верхнюю  $\Delta_{\text{верх}}$  границы интервала, в котором с вероятностью  $P$  находится суммарная погрешность ИК.

1.3. Для расчета обобщенных метрологических характеристик следует использовать один из трех методов в зависимости от задач измерений и исходной информации — нормированных в нормативной документации метрологических характеристик средств измерений.

При расчете обобщенных метрологических характеристик ИК следует учитывать в качестве составляющей суммарной погрешности ИК температуры с термозлектрическими термометрами погрешность от влияния линии связи. Во всех остальных случаях влияние линии связи на погрешность ИК не учитывается вследствие того, что возникающая погрешность будет несоизмеримо мала по сравнению с погрешностями АСИ, входящих в состав ИК.

Первый метод включает в себя определение статических моментов составляющих погрешности ИК и позволяет рассчитывать характеристики погрешности по п. 1.2.

Первый метод расчета используется при нормировании в НД на АСИ (технических условиях, технических описаниях и инструкциях по эксплуатации) отдельно систематической, случайной составляющих основной погрешности, вариации и функций влияния на эти составляющие погрешности.

Второй метод позволяет рассчитать  $\Delta_{\text{икн}}$  и  $\Delta_{\text{икв}}$  и применяется в том случае, когда в НД на АСИ нормируется основная погрешность и наибольшие допустимые изменения ее или дополнительные погрешности, вызванные изменением влияющих величин.

Если в НД на АСИ нормированы отдельно предел допускаемой основной погрешности и предел допускаемой вариации, то в соответствии с методическим материалом по применению ГОСТ 8.009-84 вариация входит составной частью в предел допускаемой основной погрешности и при расчете суммарной погрешности ИК вторым методом отдельно влияние вариации не учитывается.

Третий метод расчета используется при нормировании в НД на АСИ отдельно систематической, случайной составляющих основной погрешности (причем случайная составляющая основной погрешности является существенной величиной), вариации и функций влияния на эти составляющие погрешности и позволяет рассчитывать характеристики погрешности по п. 1.2.

## **2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ОБОБЩЕННЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИК ИИС И АСУ ТП**

2.1. Для расчета обобщенных метрологических характеристик ИК для реальных условий эксплуатации первым методом необходимо иметь следующие исходные данные:

нормируемые метрологические характеристики АСИ:

предел допускаемой систематической составляющей основной погрешности АСИ —  $\Delta_{\text{юс}}$ ;

предел допускаемого значения среднего квадратического отклонения случайной составляющей основной погрешности АСИ —  $\sigma [\Delta_{\text{юс}}]$ ;

предел допускаемой вариации АСИ при нормальных условиях —  $H_{\text{ю}}$ ;

номинальная цена единицы наименьшего разряда кода цифрового измерительного прибора (аналого-цифрового измерительного преобразователя —  $\mu$ );

номинальная функция влияния на систематическую составляющую погрешности АСИ —  $\psi_{\text{си}}(\xi_j)$ ;

номинальная функция влияния на среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности АСИ —  $\psi_{oi}(\xi_j)$ ;

номинальная функция влияния на вариацию АСИ —  $\psi_{in}(\xi_j)$ ;

характеристики влияющих величин  $\xi_j$ ;

математическое ожидание влияющих величин —  $M[\xi_j]$ ;

наибольшие и наименьшие значения влияющих величин, соответствующие реальным условиям эксплуатации  $\xi_{sj}, \xi_{mj}$ .

2.2. Для расчета обобщенных метрологических характеристик ИК для реальных условий эксплуатации вторым методом необходимо иметь следующие исходные данные:

нормируемые метрологические характеристики АСИ:

предел допускаемого значения основной относительной погрешности АСИ —  $\delta_{io}$  %;

наибольшие допускаемые изменения основной погрешности АСИ, вызываемые изменением влияющих величин —  $\xi_{in}(\xi_j)$  %;

дополнительные погрешности, вызываемые изменением влияющих величин —  $\delta_{cj}$  %;

характеристики влияющих величин  $\xi_j$ ;

наименьшие и наибольшие значения влияющих величин, соответствующие реальным условиям эксплуатации —  $\xi_{mj}, \xi_{sj}$ ;

математическое ожидание влияющих величин —  $M[\xi_j]$ .

2.3. Для расчета обобщенных метрологических характеристик ИК для реальных условий эксплуатации третьим методом необходимо иметь исходные данные в соответствии с п. 2.1.

### **3. РАСЧЕТ ОБОБЩЕННЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИК ИИС И АСУ ТП ДЛЯ РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

#### **3.1. Первый метод расчета**

3.1.1. Математическое ожидание суммарной погрешности ИК для реальных условий эксплуатации  $M[\Delta\xi]$  определяется по формуле

$$M[\Delta\xi] = \sum_{i=1}^n M[\Delta\xi_i], \quad (1)$$

где  $M [\Delta \xi_i]$  — математическое ожидание погрешности  $i$ -го АСИ, входящего в состав ИК, для реальных условий эксплуатации;

$n$  — количество АСИ, входящих в состав ИК.

Математическое ожидание погрешности  $i$ -го АСИ вычисляется по формуле

$$M [\Delta \xi_i] = M [\Delta_{\text{ios}}] + \sum_{j=1}^n M [\psi_{si} (\xi_j)], \quad (2)$$

где  $M [\Delta_{\text{ios}}]$  — математическое ожидание систематической составляющей основной погрешности  $i$ -го АСИ;

$M [\psi_{si} (\xi_j)]$  — математическое ожидание функции влияния  $j$ -й влияющей величины на систематическую составляющую погрешности  $i$ -го АСИ.

Если для АСИ нормирован симметричный предел  $\Delta_{\text{ios}}$  допускаемого значения систематической составляющей основной погрешности без указания  $M [\Delta_{\text{ios}}]$ , то для расчетов характеристик погрешности вводится предположение, что  $M [\Delta_{\text{ios}}] = 0$ .

Для линейных функций влияния:

$$\psi_{si} (\xi_j) = K_{sij} (\xi_j - \xi_{oj}), \quad (3)$$

где  $K_{sij}$  — номинальный коэффициент влияния  $j$ -й влияющей величины на систематическую составляющую погрешности  $i$ -го АСИ;

$\xi_j$  — значение  $j$ -й влияющей величины;

$\xi_{oj}$  — нормальное значение  $j$ -й влияющей величины.

Математическое ожидание функции влияния  $j$ -й влияющей величины на систематическую составляющую погрешности  $i$ -го АСИ определяется по формуле

$$M [\psi_{si} (\xi_j)] = K_{sij} (M [\xi_j] - \xi_{oj}). \quad (4)$$

Для ступенчатых функций влияния:

$$\psi_{si} (\xi_j) = K_{sij} L_1 (\xi_j), \quad (5)$$

$$\text{где } L_1 (\xi_j) = \begin{cases} 0 & \text{при } \xi_j = \xi_{oj} \\ 1 & \text{при } \xi_j \neq \xi_{oj} \end{cases}. \quad (6)$$



Математическое ожидание функции влияния  $j$ -й влияющей величины на систематическую составляющую погрешности  $i$ -го АСИ определяется по формуле

$$M [\psi_{si} (\xi_j)] = 0 \quad (7)$$

при  $\xi_j \neq \xi_{0j}$ .

При проведении расчетно-экспериментальным методом оценки обобщенных метрологических характеристик ИК эксплуатируемых ИИС и АСУ ТП измеряются влияющие величины в местах установки АСИ. Измерение влияющих величин осуществляется в зимний и летний периоды, так как в это время влияющие величины принимают экстремальные значения, вызывающие наибольшие изменения метрологических характеристик ИК.

Затем вычисляется математическое ожидание влияющей величины по формуле

$$M (\xi_j) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \xi_{ji}, \quad (8)$$

где  $i$  — количество измерений  $j$ -й влияющей величины (должно быть не менее 40 в каждый период),  $i = 1 \div k$ .

При проектировании ИИС и АСУ ТП для  $j$ -й влияющей величины известны только ее наименьшее  $\xi_{nj}$  и наибольшее  $\xi_{sj}$  значения, соответствующие реальным условиям эксплуатации, и если нет оснований выделить области предпочтительных значений влияющей величины, то вводится предположение, что

$$M [\xi_j] = 0,5 (\xi_{nj} + \xi_{sj}). \quad (9)$$

3.1.2. Дисперсия суммарной погрешности ИК для реальных условий эксплуатации  $D [\Delta\xi]$  вычисляется по формуле

$$D [\Delta\xi] = \sum_{i=1}^n D [\Delta\xi_i], \quad (10)$$

где  $D [\Delta\xi_i]$  — дисперсия суммарной погрешности  $i$ -го АСИ для реальных условий эксплуатации.

Суммирование осуществляется для  $n$  АСИ, входящих в состав ИК.

Дисперсия суммарной погрешности  $i$ -го АСИ для реальных условий эксплуатации определяется по формуле

$$D [\Delta \xi_i] = \sigma^2 [\Delta_{ios}] + \sum_{j=1}^n D [\psi_{si} (\xi_j)] + [\sigma [\Delta_{io}] + \sum_{j=1}^1 \psi \sigma_i (\xi_j)]^2 + \\ + \frac{1}{12} [H_{io} + \sum_{j=1}^k [\psi (\xi_j)]^2 + \frac{\mu^2}{12}]. \quad (11)$$

где  $\sigma [\Delta_{ios}]$  — среднее квадратическое отклонение систематической составляющей основной погрешности  $i$ -го АСИ;

$D[\psi_{si} (\xi_j)]$  — дисперсия функции влияния  $j$ -й влияющей величины на систематическую составляющую погрешности  $i$ -го АСИ.

Для аналоговых АСИ  $\mu_i = 0$ .

Если для АСИ нормирован предел  $\Delta_{ios}$  систематической составляющей основной погрешности без указания значения  $\sigma [\Delta_{ios}]$  и нет оснований предполагать несимметричность и полимодальность распределения указанной погрешности, то для расчета погрешности допускается пользоваться предположением, что

$$\sigma [\Delta_{ios}] = \frac{\Delta_{ios}}{\sqrt{3}}. \quad (12)$$

Для линейных функций влияния дисперсия вычисляется по формуле

$$D [\psi_{si} (\xi_j)] = K_{sij}^2 \sigma^2 (\xi_j). \quad (13)$$

Для ступенчатых функций влияния дисперсия вычисляется по формуле

$$D [\psi_{si} (\xi_j)] = K_{sij}^2. \quad (14)$$

При проведении оценки обобщенных метрологических характеристик ИК эксплуатируемых ИИС и АСУ ТП оценка среднего квадратического отклонения  $j$ -й влияющей величины определяется по формуле

$$\sigma [\xi_j] = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\xi_{ji} - M [\xi_j])^2}, \quad (15)$$

где  $n$  — количество измерений  $j$ -й влияющей величины;

$\xi_{ji}$  — измеренное значение  $j$ -й влияющей величины;

$M [\xi_j]$  — определяется по формуле (8).

При проектировании ИИС и АСУ ТП, если нет оснований выделять области предпочтительных значений влияющей величины в границах  $\xi_{нi}$  и  $\xi_{вi}$ , для расчетов метрологических характеристик ИК вводится предположение, что

$$\sigma [\xi_i] = (\xi_{вi} - \xi_{нi}) / 2\sqrt{3}. \quad (16)$$

3.1.3. Характеристики погрешности ИК ИИС и АСУ ТП для реальных условий эксплуатации:

нижняя и верхняя границы интервала, в котором с вероятностью  $P$  находится погрешность ИК, для реальных условий эксплуатации определяются по формулам:

$$\Delta_{икн} = M [\Delta\xi] - K_n \sigma [\Delta\xi]; \quad (17)$$

$$\Delta_{икс} = M [\Delta\xi] + K_n \sigma [\Delta\xi], \quad (18)$$

где  $M [\Delta\xi]$  определяется по формуле (1), а

$$\sigma [\Delta\xi] = \sqrt{D [\Delta\xi]} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D [\Delta\xi_i]}. \quad (19)$$

Значение коэффициента  $K_n$  зависит от вида закона распределения погрешности и выбранного значения доверительной вероятности  $P$ . Для технических измерений обычно принимают значение доверительной вероятности  $P$ , равным 0,95.

При определении суммарной погрешности ИК, если производится суммирование большого количества независимых составляющих погрешности ( $n > 4$ ), распределенных по различным законам при отсутствии явного доминирования одной или нескольких погрешностей над другими, в соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятности допускается, что распределение суммарной погрешности приближается к нормальному.

В этом случае  $K_n = 1,96$  при  $P = 0,95$ .

## 3.2. Второй метод расчета

3.2.1. Если для АСИ, входящих в состав ИК, нормированы метрологические характеристики без разделения их на систематическую и случайную составляющие, то принимается допущение, что погрешности АСИ являются случайными величинами, распределенными по закону равномерной плотности,

т.е. внутри интервала, ограниченного предельными значениями погрешностей, все значения погрешностей равновероятны: таким образом, математическое ожидание погрешности АСИ М  $[\delta\xi_i] = 0$ , а следовательно, и математическое ожидание суммарной погрешности ИК М  $[\delta\xi] = 0$ .

3.2.2. Среднее квадратическое отклонение случайной погрешности ИК для реальных условий эксплуатации определяется по формуле

$$\sigma [\delta\xi] = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma^2 [\delta\xi_i]}, \quad (20)$$

где  $n$  — количество АСИ, входящих в состав ИК;

$\sigma [\delta\xi_i]$  — среднее квадратическое отклонение случайной погрешности  $i$ -го АСИ, %.

3.2.3. Среднее квадратическое отклонение случайной погрешности  $i$ -го АСИ определяется по формуле

$$\sigma [\delta\xi_i] = \sqrt{\sigma^2 [\delta_{io}] + \sum_{j=1}^m \sigma^2 [\delta_{cij}]}, \quad (21)$$

где  $\sigma [\delta_{io}]$  — среднее квадратическое отклонение основной погрешности  $i$ -го АСИ, %;

$m$  — количество влияющих величин, для которых нормированы изменения метрологических характеристик  $i$ -го АСИ;

$\sigma [\delta_{cij}]$  — среднее квадратическое отклонение дополнительной погрешности  $i$ -го АСИ от  $j$ -й влияющей величины, %.

3.2.4. Среднее квадратическое отклонение основной погрешности  $i$ -го АСИ, распределенной по закону равномерной плотности, определяется по формуле

$$\sigma [\delta_{io}] = \frac{|\delta_{io}|}{K_p}, \quad (22)$$

где  $\delta_{io}$  — предел допускаемого значения основной погрешности  $i$ -го АСИ (по НД на конкретное АСИ), %;

$K_p$  — коэффициент, определяемый законом равномерного распределения случайной погрешности при доверительной вероятности  $P = 1$ ;

$$K_p = \sqrt{3} = 1,7.$$

3.2.5. Среднее квадратическое отклонение дополнительной погрешности  $i$ -го АСИ, вызванное  $j$ -й влияющей величиной, определяется по формуле

$$\sigma [\delta_{cij}] = \frac{|\delta_{cij}|}{K_p} \quad (23)$$

где  $\delta_{cij}$  — наибольшее по абсолютной величине возможное значение дополнительной погрешности  $i$ -го АСИ от  $j$ -й влияющей величины, %.

3.2.6. Наибольшее возможное значение дополнительной погрешности определяется из НД на АСИ или при задании изменения относительной погрешности от влияющей величины вычисляется по формуле

$$\delta_{cij} = \xi_{io}(\xi_j) K \xi_i(\xi_j), \quad (24)$$

$$\text{где } K \xi_i(\xi_j) = \begin{cases} 0, & \text{если } \xi_j = \xi_{oj} \\ 1, & \text{если } \xi_j \neq \xi_{oj}, \end{cases} \quad (25)$$

если диапазон изменения  $\Delta \xi_{ei}$  влияющей величины, для которого нормированы изменения метрологических характеристик  $\xi_{io}(\xi_j)$ , равен диапазону рабочих условий применения СИ,

$$\text{или } K_{ei}(\xi_j) = \frac{|\xi_j - \xi_{oj}|}{\Delta \xi_{ei}}, \quad (26)$$

если диапазон изменения  $\Delta \xi_{ej}$  влияющей величины, для которого нормированы изменения метрологических характеристик  $\xi_{io}(\xi_j)$  равен части диапазона рабочих условий применения СИ, причем для любой части рабочих условий нормируется одно и то же значение  $\xi_{io}(\xi_j)$ ;

$\xi_{io}(\xi_j)$  — наибольшее допускаемое изменение погрешности  $i$ -го АСИ, вызванное отклонением  $j$ -й влияющей величины от нормального значения, %;

$K_{ei}(\xi_j)$  — коэффициент, используемый для вычисления  $\delta_{cij}$ ;

$\xi_j$  —  $j$ -я влияющая величина;

$\xi_{oj}$  — нормальное значение  $j$ -й влияющей величины;

$\Delta \xi_{ej}$  — приращение  $j$ -й влияющей величины, для которой нормирована метрологическая характеристика  $\xi_{io}(\xi_j)$ .

3.2.7. При проведении оценки обобщенных метрологических характеристик ИК эксплуатируемых ИИС и АСУ ТП для определения наибольшего по абсолютной величине возможного значения дополнительной погрешности  $i$ -го АСИ от  $j$ -й влияющей величины в формулах (25) и (26) следует использовать в качестве  $\xi_j$  математическое ожидание  $j$ -й влияющей величины, определенное по формуле (6).

3.2.8. При проектировании ИИС и АСУ ТП, когда известны только наибольшее  $\xi_{nj}$  и наименьшее  $\xi_{mj}$  значения  $j$ -й влияющей величины, соответствующие реальным условиям эксплуатации, для определения  $\delta_{cij}$  в формулах (25) и (26) в качестве  $\xi_j$  следует использовать то значение  $\xi_{nj}$  или  $\xi_{mj}$ , которое вызывает появление наибольшей по абсолютной величине дополнительной погрешности.

3.2.9. Характеристики погрешности ИК ИИС и АСУ ТП для реальных условий эксплуатации:

нижняя и верхняя границы интервала, в котором с вероятностью  $P$ , равной 0,95, находится суммарная погрешность ИК для реальных условий эксплуатации, определяется по формуле

$$\delta_{ик н(в)} = \pm K_n \sigma [\delta_i]. \quad (27)$$

Для числа измерений больше 4 распределение суммарной погрешности стремится к нормальному ( $K_n = 1,96$ ).

### 3.3. Третий метод расчета

3.3.1. При существенной случайной составляющей погрешности АСИ в состав метрологических характеристик (МХ), нормируемых по ГОСТ 8.009-84, помимо пределов допускаемой систематической составляющей основной погрешности АСИ  $+\Delta_{ос}$ , входит предел допускаемого среднего квадратического отклонения случайной составляющей основной погрешности  $\sigma [\Delta_{io}]$ . По этим двум МХ определяют нижнюю и верхнюю границы интервала, в котором с вероятностью  $P$  находится погрешность ИК для реальных условий эксплуатации, по формуле

$$\Delta_{i(n)} = \pm (M [\Delta\xi] + K_n \sigma [\Delta\xi]), \quad (28)$$

где  $M [\Delta\xi]$  — математическое ожидание суммарной погрешности ИК для реальных условий эксплуатации, которое определяется в соответствии с формулами (1 ÷ 9);

$K_n$  — коэффициент Стьюдента;

$\sigma [\Delta\xi]$  — среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности для реальных условий эксплуатации, которое определяется в соответствии с формулами (10÷16).

#### 4. ПРИМЕР РАСЧЕТА

В качестве примера выполнен расчет погрешности ИК температуры информационно-измерительной системы на базе терминала вычислительного связи с объектом (ТВСО) по МХ компонентов.

##### 4.1. Метрологические характеристики, подлежащие расчету

4.1.1. Рассчитывается доверительный интервал с предельно допустимыми нижней  $\delta_{\text{ик н}}$  и верхней  $\delta_{\text{ик в}}$  границами, в котором с заданной вероятностью  $P = 0,95$  находится погрешность измерительного канала температуры.

4.1.2. Результатами расчета являются численные значения границ доверительного интервала  $\delta_{\text{ик н(в)}}$ .

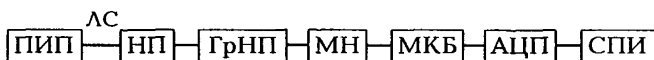
##### 4.2. Исходные данные для расчета

4.2.1. Диапазон измерений температуры — от 0 до 600°C.

4.2.2. Первичный измерительный преобразователь — термоэлектрический преобразователь типа ТХА(К), класса допуска 2.

4.2.3. Количество компонентов (АСИ), имеющих нормированные МХ, в ИК температуры равно 7. Структурная схема ИК температуры приведена на рисунке. Компонент 8 (средство представления информации) является техническим устройством вычислительной техники, не вносящим погрешность в результат измерения.

4.2.4. Компоненты АСИ, входящие в состав ИК температуры, характеризуются предельными допускаемыми значениями погрешности  $\delta_{\text{ю}}$ , указанными в разд. 3. Данные о значениях система-



##### Структурная схема ИК температуры:

ПИП — первичный измерительный преобразователь ТП; ЛС — линия связи;  
 НП — нормирующий преобразователь; ГрНП — групповой НП; МН — модуль нормализации;  
 МКБ — модуль коммутации бесконтактный; АЦП — аналогово-цифровой преобразователь;  
 СПИ — средство представления информации

тической и случайной составляющей погрешности и законе распределения случайной составляющей погрешности отсутствуют.

4.2.5. Принимается допущение, что погрешности АСИ являются случайными величинами, распределенными по закону равномерной плотности.

Среднее квадратическое отклонение случайной погрешности  $i$ -го АСИ определяется по формуле (21); среднее квадратическое отклонение основной погрешности  $i$ -го АСИ определяется по формуле (22).

Среднее квадратическое отклонение дополнительной погрешности  $i$ -го АСИ от  $j$ -й влияющей величины определяется по формуле (23). В зависимости от вида функции влияния (линейная или ступенчатая) наибольшее возможное значение дополнительной погрешности определяется по формулам (24) и (25) или (24) и (26) и по данным разд. 3.

4.2.6. Среднее квадратическое отклонение случайной погрешности ИК  $\sigma [\delta\xi]$  определяется геометрическим суммированием средних квадратических отклонений случайных погрешностей каждого АСИ по формуле (20).

4.2.7. Суммарная погрешность ИК, определяемая геометрическим суммированием большого числа независимых и соизмеримых случайных погрешностей ( $n > 4$ ), подчиняется нормальному закону распределения.

Таким образом, нижняя и верхняя границы интервала, в котором с доверительной вероятностью  $P$ , равной 0,95, находится погрешность ИК, определяется по формуле (27).

4.2.8. Компоненты, входящие в состав ИК температуры, начиная с  $n = 2$  располагаются в кондиционируемых помещениях, т.е. находятся в нормальных условиях:

Температура окружающего воздуха .....	$20 \pm 5^\circ\text{C}$
Относительная влажность воздуха .....	$60 \pm 20\%$
Атмосферное давление .....	$101 \pm 10 \text{ кПа}$

### 4.3. Расчет погрешности измерительного канала температуры

4.3.1. Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности ИК температуры определяется в соответствии с п. 3.2.2 по формуле (20):



$$\sigma [\delta\xi] = \pm \sqrt{\frac{\delta_{\text{ТП}}^2 + \delta_{\text{ЛС}}^2 + \delta_{\text{НП}}^2 + \delta_{\text{ГрНП}}^2 + \delta_{\text{МН}}^2 + \delta_{\text{МКБ}}^2 + \delta_{\text{АЦП}}^2}{3}}$$

где  $\delta_{\text{ТП}}$  — основная погрешность термоэлектрического преобразователя, определяемая по ГОСТ Р50431-92;

$$\Delta_m = 0,0075 \times 600^\circ\text{C} = 4,5^\circ\text{C};$$

$$\delta_m = \pm \frac{4,5^\circ\text{C}}{600^\circ\text{C}} 100\% = 0,75\%;$$

$\delta_{\text{ЛС}}$  — дополнительная погрешность от отклонения термоЭДС термоэлектродных проводов от номинальной по ГОСТ 24335-80;

$$\Delta E_{\text{ЛС}} = 0,15 \text{ мВ, что соответствует } \Delta_{\text{ЛС}} = \pm 3,8^\circ\text{C},$$

$$\text{а } \delta_{\text{ЛС}} = \pm \frac{\Delta_{\text{ЛС}}}{t} 100\% = \pm \frac{3,8^\circ\text{C}}{600^\circ\text{C}} 100\% = \pm 0,6\%;$$

$\delta_{\text{НП}}$  — основная погрешность измерительного преобразователя типа Ш-79,  $\delta_{\text{НП}} = \pm 0,4\%$ ;

$\delta_{\text{ГрНП}}$  — основная погрешность группового нормирующего преобразователя,  $\delta_{\text{ГрНП}} = \pm 0,1\%$ ;

$\delta_{\text{МН}}$  — основная погрешность модуля нормализации,  $\delta_{\text{МН}} = \pm 0,2\%$ ;

$\delta_{\text{МКБ}}$  — основная погрешность модуля коммутации бесконтактного,  $\delta_{\text{МКБ}} = \pm 0,5\%$ ;

$\delta_{\text{АЦП}}$  — основная погрешность аналогово-цифрового преобразователя,  $\delta_{\text{АЦП}} = \pm 0,5\%$ .

Таким образом, среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности ИК температуры составит:

$$\sigma [\delta\xi] = \pm \sqrt{\frac{(0,75)^2 + (0,6)^2 + (0,4)^2 + (0,1)^2 + (0,2)^2 + (0,5)_{\text{МКБ}}^2 + (0,5)_{\text{АЦП}}^2}{3}}$$

$$\sigma [\delta\xi] = \pm 0,74\%.$$

4.3.2. Предельно допустимое значение погрешности ИК температуры вычисляется по формуле (27)

$$\delta_{\text{ИК н (в)}} = \pm (1,96 \times 0,74) = \pm 1,45\%.$$

4.3.3. Принимается значение нижней (верхней) границы доверительного интервала, в котором с вероятностью Р, равной 0,95, находится погрешность ИК температуры:

$$\delta_{\text{ИК н (в)}} = \pm 1,5\%.$$